

Institut für Biomedizinische Technik,  
Karlsruher Institut für Technologie

Fritz-Haber-Weg 1  
76131 Karlsruhe  
Tel.: 0721/608-42650

### **Lineare Elektrische Netze**

Leiter: Prof. Dr. rer. nat. Olaf Dössel  
Tel: 0721 608-42650  
Olaf.Doessel@kit.edu

Übungsleiter: M.Sc. N. Pilia  
Tel: 0721 608-48035  
Nicolas.Pilia@kit.edu

---

#### Tutorium Nr. 6: Ortskurve, 2-Tore/Vierpole

Empfohlen für das Tutorium: Aufgaben 21, 22, 23, 24  
Empfohlen für Zuhause: Aufgaben 25, 26

Die für das Tutorium empfohlenen Aufgaben dienen als Orientierung und sollen eine grobe Richtlinie darstellen, welche Aufgaben vom Umfang und Schwierigkeitsgrad her in der Zeit des Tutoriums zu schaffen sind. Letztendlich entscheidet der Tutor, welche Aufgaben im Tutorium behandelt werden.

Zusätzlich wird empfohlen, die nicht im Tutorium behandelten Aufgaben zur weiteren Übung zu Hause zu bearbeiten.

Die Studenten sollen die Aufgaben im Tutorium selbstständig in Gruppen bearbeiten und anschließend vorrechnen.  
Der Tutor soll lediglich Fragen beantworten und Unklarheiten beseitigen.

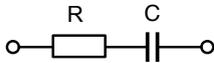
**Aufgabe 21**

Abb. 1.1

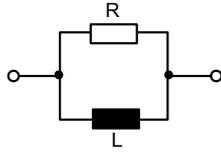


Abb. 1.2

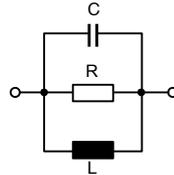


Abb. 1.3

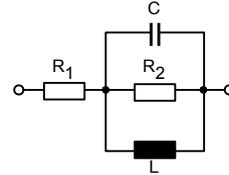
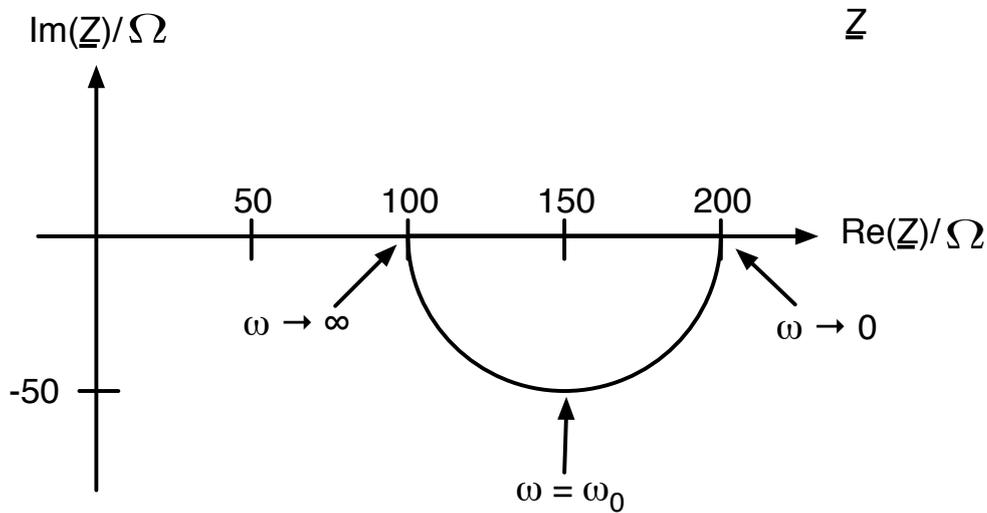


Abb. 1.4

- (a) Geben Sie die Gesamtimpedanz  $\underline{Z}$  für die Schaltungen aus Abb. 1.1 und Abb. 1.2 getrennt nach Real- und Imaginärteil an.
- (b) Geben Sie die Gesamtadmittanz  $\underline{Y}$  für die Schaltung aus Abb. 1.3 getrennt nach Real- und Imaginärteil an.
- (c) Zeichnen Sie die Ortskurven von  $\underline{Z}$  für die Schaltungen aus Abb. 1.1 und Abb. 1.2. Beschriften Sie vollständig, d.h. alle Grenzwerte von  $\omega$ .
- (d) Zeichnen Sie die Ortskurve von  $\underline{Y}$  für die Schaltung aus Abb. 1.3. Wie erhält man graphisch die Ortskurve von  $\underline{Z}$ ? Zeichnen Sie die Ortskurve von  $\underline{Z}$ . Beschriften Sie vollständig, d.h. alle Grenzwerte von  $\omega$ .
- (e) Wie verändert sich die Ortskurve der Schaltung aus Abb. 1.3, wenn die Schaltung wie in Abb. 1.4 erweitert wird? Zeichnen Sie die Ortskurven von  $\underline{Y}$  und  $\underline{Z}$  für die Schaltung aus Abb. 1.4. Beschriften Sie vollständig, d.h. alle Grenzwerte von  $\omega$ .

**Aufgabe 22**

Gegeben sei folgende Ortskurve mit  $\omega_0 = 1000 \text{ s}^{-1}$ :



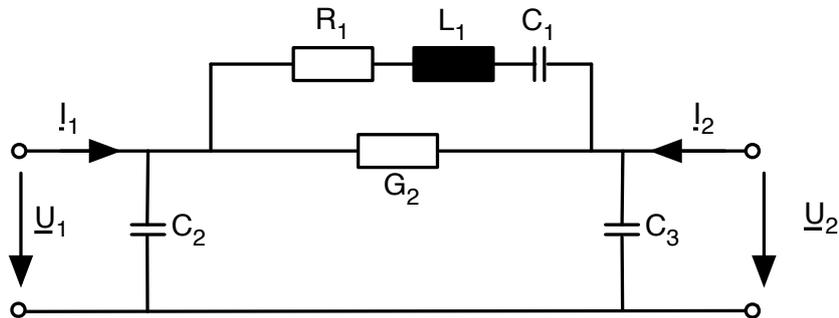
- (a) Leiten Sie aus der Ortskurve das Schaltbild für die zugehörige Schaltung ab. Geben Sie eine kurze Begründung. Bestimmen Sie noch keine Zahlenwerte. *Hinweis:* Es wurden zwei Ohmsche Widerstände sowie ein Kondensator verwendet.
- (b) Stellen Sie die Gleichung für die Impedanz der Schaltung aus a) getrennt nach Real- und Imaginärteil auf. Rechnen Sie mit allgemeinen Werten.
- (c) Geben Sie nun die Bauteilgrößen der Schaltung mit ihren Einheiten an. Begründen Sie kurz. *Hinweis:* Überlegen Sie, wo in der Ortskurve  $\omega \rightarrow 0$  und  $\omega \rightarrow \infty$  liegt.

**Aufgabe 23**

- (a) Erläutern Sie die Begriffe Vierpol und Zweitor und worin der Unterschied liegt.
- (b) Was gilt für die  $\underline{Z}$ - bzw.  $\underline{Y}$ -Parameter eines (widerstands-)symmetrischen Zweitores?
- (c) Was gilt für die  $\underline{Z}$ - bzw.  $\underline{Y}$ -Parameter eines reziproken/ kopplungssymmetrischen Zweitores? Woran erkennt man anhand der Schaltung ein reziprokes Zweitor?

**Aufgabe 24**

Gegeben sei das folgende Ersatzschaltbild eines Oberflächenwellenresonators:



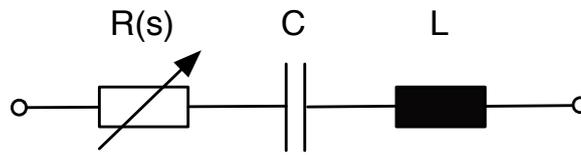
Bestimmen Sie die Admittanzmatrix  $\underline{Y}$  des Resonators in allgemeiner Form. Zeichnen dazu zuerst das Ersatzschaltbild für den Fall  $\underline{U}_2 = 0$  und bestimmen Sie die entsprechenden beiden  $\underline{Y}$ -Parameter. Überlegen Sie anschließend, ob die Berechnung der anderen beiden Parameter notwendig ist.

Beachten Sie bei der Lösung der Aufgabe die folgenden Angaben:

- Für die Kondensatoren  $C_2$  und  $C_3$  gilt:  $C_2 = C_3$
- Mit  $G_2$  ist ein Leitwert gemeint:  $G_2 = \frac{1}{R_2}$

## Aufgabe 25

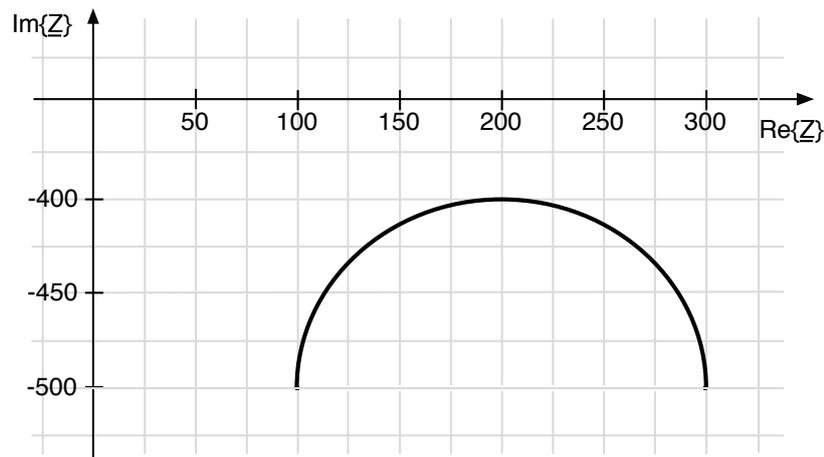
Gegeben sei die folgende Schaltung:



$$C = 10 \mu\text{F}, L = 200 \text{ mH}, \omega = 1000 \text{ s}^{-1}, R(s) = s \cdot 10 \Omega \text{ mit } s=1\dots 10$$

- (a) Geben Sie die Gleichung der Impedanz  $Z(s)$  der Schaltung getrennt nach Real- und Imaginärteil an. Rechnen Sie allgemein mit  $R(s)$ ,  $C$  und  $L$ .  
*Hinweis:* Der Widerstand  $R(s)$  sei variabel über die Schalterstellung  $s$ .
- (b) Setzen Sie nun die Werte ein und zeichnen Sie die vom Widerstand  $R(s)$  abhängige Ortskurve der Schaltung. Beschriften Sie die Stellen der Ortskurve für  $s = 1$  und  $s = 10$ .

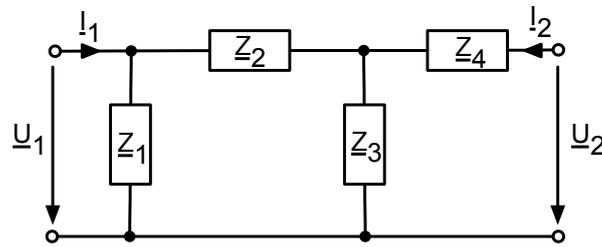
Es sei nun folgende von  $L$  abhängige Ortskurve gegeben:



- (c) Leiten Sie aus der Ortskurve das Schaltbild für die zugehörige Schaltung ab. Geben Sie eine kurze Begründung.  
*Hinweis:* Es wurden zwei Widerstände, eine variable Spule sowie ein Kondensator verwendet. Weiterhin sei  $\omega = 1000 \text{ s}^{-1}$ . In der Ortskurve verläuft  $L$  von 0 bis  $\infty$ .
- (d) Stellen Sie die Gleichung der Impedanz der Schaltung aus c) getrennt nach Real- und Imaginärteil auf. Rechnen Sie mit allgemeinen Werten.
- (e) Geben Sie nun die Bauteilgrößen der Schaltung mit Ihren Einheiten an. Begründen Sie kurz.  
*Hinweis:* Überlegen Sie, wo in der Ortskurve  $L \rightarrow 0$  und  $L \rightarrow \infty$  liegt.

**Aufgabe 26**

Gegeben sei folgendes 2-Tor:



Bestimmen Sie die  $\underline{Z}$ -Parameter des Zweitors und zeichnen Sie zwei Ersatzschaltbilder (Bild 1:  $\underline{Z}_{11}, \underline{Z}_{21}$ ; Bild 2:  $\underline{Z}_{12}, \underline{Z}_{22}$ ) mit sämtlichen Vereinfachungen. Ist das Zweitor im Falle von  $\underline{Z}_1 = \underline{Z}_3$  und  $\underline{Z}_2 = \underline{Z}_4$  umkehrbar (reziprok)?